



تأثیر شوری بر رشد، محتوای کلروفیل و جذب عناصر غذایی در گیاهچه‌های ارقام برنج

● سعید سعیدپور، استاد یار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شوشتر، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۹۰

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۳۱۷۱۹۷۸

Email: saeed79@gmail.com

چکیده

برنج یکی از گونه‌های نسبتاً حساس به تنش شوری است که از نظر تحمل یاحساسیت به تنش شوری، تنوع ژنتیکی زیادی در مخزن ژنتیکی انواع زراعی آن نیز دیده می‌شود. تغییرات غلظت سدیم و پتاسیم و کلروفیل در محیط آبکشت بررسی گردید. تیمار شوری در دو سطح محلول عادی یوشیدا و یا حاوی ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم ($EC=12ds\ m^{-1}$) در مرحله شش برگی به مدت یک هفته اعمال شد، و نمونه گیری طی این مدت در فواصل زمانی (صفر، ۴، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۹۶، ۱۶۸ ساعت) پس از اعمال تیمار، از پهنک برگ اول و چهارم غلاف ساقه برای اندازه گیری غلظت عناصر و از برگ اول (جوان‌ترین برگ) برای اندازه گیری میزان کلروفیل پس از استخراج استفاده شد. هدایت روزنه‌ای نیز پس از آغلز اعمال تنش در مرحله شش برگی بر روی جوان‌ترین برگ در فواصل زمانی (۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت) اندازه‌گیری شد. در این آزمایش ماده خشک ریشه و اندام هوایی در کلیه ارقام تحت اثر تیمار شوری نسبت به شرایط نرمال بصورت معنی دار کاهش یافت، ولی این کاهش در رقم متحمل به شوری (IR651) بسیار کمتر بود. روند تغییرات غلظت پتاسیم در جوان‌ترین برگ، در شرایط تنش نسبت به تیمار نرمال در کلیه ارقام معنی دار نبود، این روند در مسن‌ترین برگ نیز مشاهده شد، با این تفاوت که در رقم متحمل در پایان دوره تنش میزان پتاسیم به‌صورت معنی داری افزایش یافت. تیمار شوری موجب ازدیاد تجمع معنی دار سدیم با افزایش دوره تنش در برگ‌های جوان و مسن کلیه ارقام گردید، به استثناء برگ جوان رقم متحمل که روند تجمع سدیم در آن در شرایط تنش نسبت به تیمار نرمال معنی دار نبوده است. غلظت کلروفیل‌های a و b تحت اثر تیمار شوری طی ۲۴ ساعت اولیه یک افزایش معنی دار نشان دادند، اما در ادامه و با طولانی تر شدن دوره تنش کاهش معنی داری در کلیه ارقام مشاهده شد.

کلمات کلیدی: برنج، شوری، ماده خشک، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای

Rice (*Oryza sativa*), a salt-sensitive species, has considerable genetic variation for salt tolerance within cultivars. To evaluate salinity effects on growth, chlorophyll content and ion uptake of two rice genotypes (IR29 and IR651, sensitive and tolerant respectively) accompany with two semi-tolerant Iranian rice cultivars in a green house experiment were grown in normal condition till 6th leaf was fully expanded. Seedlings were exposed to salinity, EC12 dsm⁻¹ and normal conditions (EC=1.65 dsm⁻¹, Ushida solution base EC) for one week. Samples were taken 0, 4, 12, 24, 48, 96, 168 h after imposing the treatments. After imposing the treatment, we used the youngest & oldest leaves for measuring Na and K concentration and the youngest for chlorophyll. The scoring of leaves was from top to down (one for the young and four for old). Stomatal conductivity also measured on the youngest leaf in time interval as follow: 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours after stress treatment. In this experiment root and shoot dry matter reduced significantly under stress in all cultivars but this reduction was less in tolerant genotype (IR651) compare to others. There were no differences in K concentration in the young leaves between cultivars but there was more accumulation of K in old leaf of IR651 under salt stress. NaCl treatment caused to increasing significantly Na in the young and old leaves of all cultivars except the young leaf of tolerant cultivar. Chlorophyll concentration increased after 24 hrs of treatment but with long- time exposure a significant decline occurred in all cultivars.

Key word: *Oryza sativa*, salinity, dry matter, chlorophyll, stomatal conductivity

مقدمه

زیاد تحمل به شوری بیشتری از ارقام دارای سرعت رشد کم از خود نشان دادند (یو، ۱۹۸۶ و یو، ۱۹۷۷). همچنین مطالعات روی واریته‌های برنج با مقاومتهای مختلف به شوری خاک نشان داد که غلظت بالای سدیم در واریته‌های حساس بیشتر نسبت به متحمل بیشتر است (شانون و همکاران، ۱۹۹۸). بعلاوه در واریته مقاوم اصولا سدیم در برگهای پیرتر تجمع می‌یابد و این برگها در اثر تجمع نمک از بین می‌روند، و گیاه برای حفظ سطح فتوسنتز کننده و رشد به تولید برگهای جدید ادامه می‌دهد و تجمع نمک را در نقاط رشد شدیداً کنترل می‌کند (شانون و همکاران، ۱۹۹۸). بر اساس تحقیقات بسیاری از پژوهشگران، شوری مقدار کلروفیل گیاه را کاهش می‌دهد (گارگ و گارگ، ۱۹۸۰). گارگ و لاهیری (۱۹۸۶) مشاهده کردند که شوری معمولاً مقدار کلروفیل تعدادی از گیاهان مناطق خشک مانند ارزن مرواریدی، کرچک، گندم و خردل هندی را کاهش داده است. بر اساس مطالعه‌ای دیگر بر روی دو رقم برنج محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در اثر شوری در ۱۵ روزگی کاهش یافت که بیانگر اثر نمک در به تأخیر انداختن سنتز و یا تسریع در تجزیه رنگدانه بوده و در مرحله رشدی ۲۵ روزگی محتوای رنگدانه تحت تیمار NaCl در هر دو رقم افزایش یافت (میزرا و همکاران، ۱۹۹۷). میزان تجمع سدیمی که موجب تجزیه کلروفیل برگ می‌گردد براساس برخی یافته‌ها ۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد و کمتر از این بر تجزیه کلروفیل بی‌تأثیر است (دینگ‌کان، ۱۹۹۲). این تحقیق با هدف بررسی اثر شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی نظیر محتوای کلروفیل و ارتباط آن با توزیع یونی‌هایی نظیر سدیم و پتاسیم

در بسیاری از مطالعات گیاهی اثر شوری بر رشد ریشه گیاه به غلظت نمک بستگی دارد، بعضی از غلظت‌ها می‌تواند رشد ریشه‌ها را تحریک کند ولی غالباً موجب کاهش رشد ریشه می‌شود (هاری و همکاران، ۱۹۹۵). در گیاهان حساس به شوری نظیر برنج رشد ساقه و ریشه بشکل دائم کاهش می‌یابد و این وضعیت در خلال ساعاتی از آغاز تنش شوری بروز می‌کند، این اثر بستگی به غلظت سدیم در بافت‌های در حال رشد ندارد و بیشتر در پاسخ به اسمولاریته محلول خارجی صورت می‌گیرد. مقیاس زمانی که طی آن خسارت ویژه سدیم آشکار می‌گردد بستگی به نرخ تجمع سدیم در برگها و همچنین توانایی گیاه در جداسازی آن دارند. مرادی (۲۰۰۲) نشان داد که از نظر کاهش تولید ماده خشک تحت تنش شوری، اختلاف معنی‌داری بین ارقام برنج وجود دارد.

در گیاهان حساس به شوری مثل برنج، حتی سطوح کم شوری خارجی ۵۰ میلی‌مول می‌تواند منجر به تجمع مقادیر بسیار بالا و خسارت نمک در اپوپلاست برگ شود که این امر به خاطر کنترل ضعیف ورود کلرید سدیم به داخل مسیر تعرق می‌باشد (فلورز، ۱۹۹۱). گیاه برنج تقریباً همان میزان کلرید سدیم از ریشه به تاج منتقل می‌کند که شورزیها منتقل می‌کنند، ولی بر خلاف آنها، گیاه برنج فاقد قدرت مدیریت نمک رسیده به برگها می‌باشد (یو، ۱۹۸۶ و یو، ۱۹۷۷) زیرا در برنج بدلیل وجود نشت آندودرمی امکان نفوذ سدیم و راه یافتن آن به اندام‌های هوایی بسیار بالا است، بطوریکه بر اساس برآورد صورت گرفته نفوذ سدیم از این مسیر در برنج نسبت به گندم ۱۰ برابر است (گارسیا، ۱۹۹۷). آزمایشهای به گزینی ارقام برنج در مقابل شوری نشان داد که ارقام دارای سرعت رشد ژنتیکی

در برگهای مختلف دو رقم حساس و متحمل برنج در مرحله‌ی گیاهچه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، ۲ رقم ایرانی برنج نسبتاً متحمل (موسی طارم و غریب) به همراه دو لاین خارجی به ترتیب حساس و متحمل IR651 و IR29 (مرادی و همکاران، ۲۰۰۳) از بخش فیزیولوژی پژوهشکده بیوتکنولوژی انتخاب و به صورت آبکشت در محلول غذایی یوشیدا کشت شدند. کاشت، بذور بر اساس روش گریگورو همکاران (۱۹۹۷) انجام شد. محلول کشت شامل دو سطح شاهد (NaCl=0) و شوری (EC=100mm⁻¹NaCl=12dsm⁻¹) بود. pH بطور روزانه با NaOH و KOH، ۰/۱ نرمال در سطح ۵/۵ تنظیم شد و محیط کشت هر هفته تعویض می‌شد. در طول آزمایش، دما در دامنه ۲۳±۳/۲۲ درجه سانتیگراد شب/روز و رطوبت نسبی ۷۰ درصد و شدت نوری معادل ۷۵ درصد شرایط طبیعی (۹۰۰-۱۶۰۰ میکرو مول فوتون بر متر مربع در ثانیه) نگهداری شد. زمان اعمال تیمار شوری در مرحله شش برگگی به مدت یک هفته بوده است. از این رو به منظور بررسی نحوه توزیع عناصر، شماره‌گذاری برگها از بالا به پایین صورت گرفت و نمونه‌گیری در فواصل زمانی، صفر، ۴، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۹۶ و ۱۶۸ ساعت پس از اعمال تیمار از پهنک برگهای ۱ و ۴ صورت گرفت، برای تعیین میزان تغییرات کلروفیل از برگ رفرنس (برگ اول) استفاده شد. و بالاخره هدایت روزنه ای توسط porometer بر روی برگ مرجع ارقام مذکور در فواصل زمانی ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت پس از اعمال تنش اندازه‌گیری شد. این آزمایش در ۳ تکرار و بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجراء شد. و تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

اندازه‌گیری کلروفیل a و b: میزان کلروفیل a و b با استفاده از روش Arnon (۱۹۴۰)، اندازه‌گیری شد. بدین صورت که نمونه‌های برگگی تازه (۲۵/گرم) در ۵ میلی‌لیتر آب مقطر در یک هاون چینی بصورت یک توده یکنواخت درآوره و مخلوط حاصل را در یک بالن ژوژه با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. ۵/۰ میلی‌لیتر از نمونه حاصل را برداشته و با ۴/۵ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ مخلوط و محلول حاصل را به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ g سانتیفریژ گردید. پس از سانتریفیوژ محلول روئی را جدا کرده و جذب آن توسط اسپکتروفتومتر در طول موجهای ۶۴۴ و ۶۶۳ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل a و b قرائت شد. با توجه به روابط زیر مقدار کلروفیل محاسبه گردید.

$$\text{mg chl a/g tissue} = 1.07 (\text{O.D. } 663) - 0.094 (\text{O.D. } 644)$$

$$\text{mg chl b/g tissue} = 1.77 (\text{O.D. } 644) - 0.280 (\text{O.D. } 663)$$

آماده‌سازی نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری عناصر: به منظور

بررسی غلظت یونها و عناصر در اندام گیاهی، ابتدا اندام هوایی گیاه برداشت شده و سپس برگ و ساقه از یکدیگر تفکیک شد، ریشه نیز از محیط کشت خارج گردید و با جریان آب شستشو داده شد. نمونه‌های برگ اول و چهارم (شماره گذاری برگها از بالا به پایین بوده) ابتدا به مدت پنج دقیقه با آب شیر و سپس با آب مقطر دو بار تقطیر شسته شدند. سپس نمونه‌ها درون پاکت خشک کن قرار داده شد و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید (هامادا، ۱۹۹۶ (نمونه‌های خشک شده با

آسیاب پودر شدند و بدین ترتیب جهت انجام مرحله هضم آماده گردید. **سنجش غلظت پتاسیم و سدیم:** برای هضم نمونه‌ها، از روش هضم مرطوب^۱ استفاده شد و جذب کاتیون پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه نشر شعله‌های مدل Coming-410 انجام شد. ابتدا محلول‌های استاندارد هر یون با غلظت‌های مشخص تهیه و توسط دستگاه قرائت گردید. سپس منحنی استاندارد آن رسم شد و معادله رگرسیون بدست آمد. غلظت نمونه‌های هضم شده توسط دستگاه، سنجش شده و غلظت نهایی این کاتیون با استفاده از منحنی استاندارد که رسم شده بود، تعیین گردید (واتاد و همکاران، ۱۹۸۶).

بررسی وزن خشک: به منظور بررسی اثر تنش شوری بر میزان ماده خشک اندام هوایی در پایان آزمایش از هر تیمار مربوط به هر رقم، ۱۲ بوته جهت تعیین وزن خشک اندام هوایی و ریشه برداشت شد. بوته‌ها ابتدا با آب مقطر شسته شده و درون پاکت خشک کن قرار داده شده سپس در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته خشک گردید. نمونه‌های خشک شده با استفاده از ترازوی ۰/۰۱ گرم توزین شد. در نهایت وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها محاسبه گردید.

نتایج

ماده خشک: تغییرات ماده خشک ریشه و اندام هوایی در ارقام خارجی و ایرانی در شکل ۱ آمده است. تجمع ماده خشک در اندام هوایی و ریشه کلیه ارقام در وضعیت نرمال تفاوت معنی‌داری با تیمار تنش نظیر خود داشت. مقادیر ماده خشک اندام هوایی برای رقم IR651 در وضعیت نرمال و تنش ۰/۲۴ و ۰/۱۸ گرم و برای رقم IR29 به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۹ گرم و در مورد ارقام ایرانی موسی طارم و غریب در شرایط نرمال و تنش به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۱۱ و ۰/۲۲ و ۰/۱ گرم بود (شکل ۱). میزان ماده خشک اندام هوایی تجمع یافته در وضعیت نرمال و تنش در رقم IR651 دو برابر تیمار نظیر خود در رقم IR29 بود (شکل ۱). شوری موجب کاهش ماده خشک ریشه هردو رقم شد ولی تأثیر آن بر رقم IR29 بیش از سایر ارقام بود، بطوریکه در صد کاهش در ژنوتیپهای IR29 و IR651 بترتیب ۶۷/۷ و ۵۰ درصد و در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب به ترتیب ۶۶/۷ و ۵۰ درصد بود.

تجمع عناصر: روند تغییرات یون های سدیم و پتاسیم در برگهای اول و چهارم (شمارش از بالا به پایین) ارقام خارجی و ایرانی در شکل‌های ۲ الی ۵ آمده است. روند تغییرات پتاسیم در هر رقم تحت شرایط تنش اختلاف معنی‌داری را با وضعیت نرمال نظیر هر رقم نشان نداد (شکل ۲)، و نوسانات در هر دو وضعیت مشابه هم بود. آنچه در شکل ۲ بصورت بارزی مشهود بود، بالا بودن سطح اولیه پتاسیم تا حدود دو برابر در ارقام خارجی در هر دو وضعیت نرمال و تنش نسبت به ارقام ایرانی در برگ اول بود. نوسان تغییرات میزان پتاسیم در برگ چهارم کلیه ارقام در شرایط نرمال و تنش نظیر برگ اول اختلاف معنی دار نداشت، با این تفاوت که در اواخر دوره تنش میزان پتاسیم نسبت به وضعیت نرمال در رقم متحمل IR651 به شکل معنی‌داری افزایش پیدا کرد (شکل ۳). از طرفی مقدار تجمع پتاسیم در برگ اول نسبت به برگ چهارم در هر چهار رقم بیشتر بود. بررسی روند تجمع سدیم در برگ اول رقم متحمل به شوری IR651 عدم افزایش این عنصر را نسبت به تیمار نرمال نظیر خود نشان داد (شکل ۲)، اما در سایر ارقام وضعیت بگونه‌ای دیگر بود، بطوریکه میزان تجمع

ترتیب برابر (۰/۶، ۰/۴، ۰/۶ و ۱/۴) میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. روند تغییرات میزان کلروفیل a و b در شرایط نرمال دارای نوسان اندکی بوده (شکل ۶)، بطوریکه میزان کلروفیل در آغاز (زمان صفر) و پایان (زمان ۱۶۸ ساعت) اختلاف معنی‌داری نشان نداد، و این وضعیت در کلیه ارقام مشاهده شد. لذا بررسی کلی نشان داد که شوری طی ساعات اولیه ۱۲ تا ۲۴ ساعت پس از اعمال تنش موجب افزایش میزان کلروفیل a و b شد و پس از آن طی گذشت زمان میزان هر دو نوع کلروفیل تا سطح تیمار نرمال و حتی بیش از آن کاهش پیدا کرد.

هدایت روزنه‌ای: فتوسنتز در واحد سطح برگ بدلیل کاهش

در هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا می‌کند، همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شد، هدایت روزنه‌ای در رقم متحمل (IR651) طی ۱۲ ساعت اولیه پس از اعمال تنش از ۱/۲ در تیمار نرمال به کمتر از ۰/۶ سانتی متر بر ثانیه در تیمار تنش کاهش یافت، این وضعیت در رقم حساس (IR29) نیز از ۰/۶ به کمتر از ۰/۱ سانتی متر بر ثانیه کاهش یافته است. هدایت روزنه‌ای ارقام ایرانی تحت اثر تیمار شوری نیز به شکل معنی‌داری کاهش یافت، از این رو کاهش ماده خشک در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌تواند تا حدودی ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای (g) (لاکشمی و همکاران، ۱۹۹۶) و قسمتی مربوط به کاهش غلظت پروتئین (شویکووا، ۱۹۷۵) و بخشی بدلیل کاهش در

این عنصر در برگ اول تیمار تنش در ارقام IR29، موسی طارم و غریب با طولانی‌تر شدن دوره تنش بطور فزاینده ای تجمع پیدا کرد و اختلاف معنی‌داری را با تیمار نرمال نظیر خود نشان داد (شکل ۲).

روند تجمع سدیم در برگ چهارم تحت شرایط تنش در هر چهار رقم اختلاف معنی‌داری را با وضعیت نرمال نشان داد و تجمع آن در تیمار تنش طی آخر دوره به حد اکثر خود رسید (شکل ۴). میزان تجمع سدیم در اواخر دوره در رقم متحمل به شوری (IR651) در شرایط تنش نسبت به سایر ارقام کمتر بود (شکل ۴).

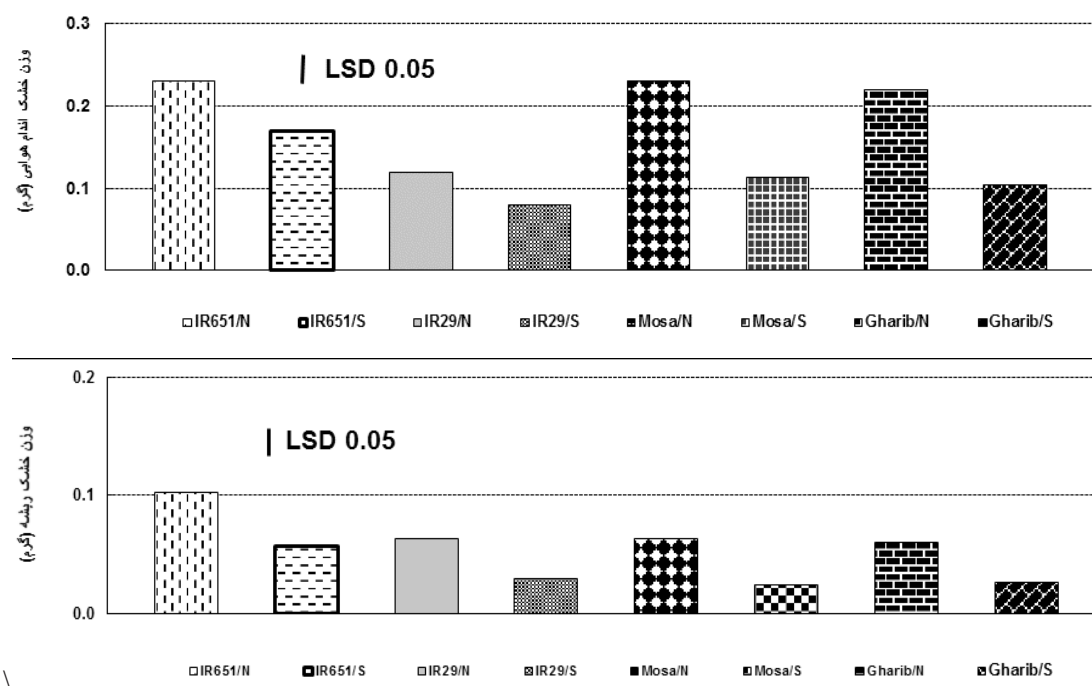
تغییرات رنگدانه‌های برگ: روند تغییرات کلروفیل a و b

تحت اثر شوری در شکل ۶ آمده است. بررسی روند تغییرات میزان کلروفیل a و b در شرایط تنش شامل افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل a و b طی ۴ الی ۲۴ ساعت پس از اعمال تنش در ارقام مختلف می‌باشد (شکل ۶). در کلیه ارقام بعد از ۲۴ ساعت میزان کلروفیل a و b تا سطح تیمار شاهد و حتی بیش از آن کاهش یافت که دلیل بر تجزیه آن می‌باشد. افزایش میزان کلروفیل a و b در تیمار شوری هر رقم نسبت به تیمار شاهد نظیر آن رقم اختلاف معنی‌دار داشت. حد اکثر میزان کلروفیل a تجمع یافته در شرایط تنش در ارقام IR651، IR29، موسی طارم و غریب به ترتیب (۰/۶، ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۴) میلی‌گرم بر گرم وزن تر و این مقادیر برای کلروفیل b نیز به

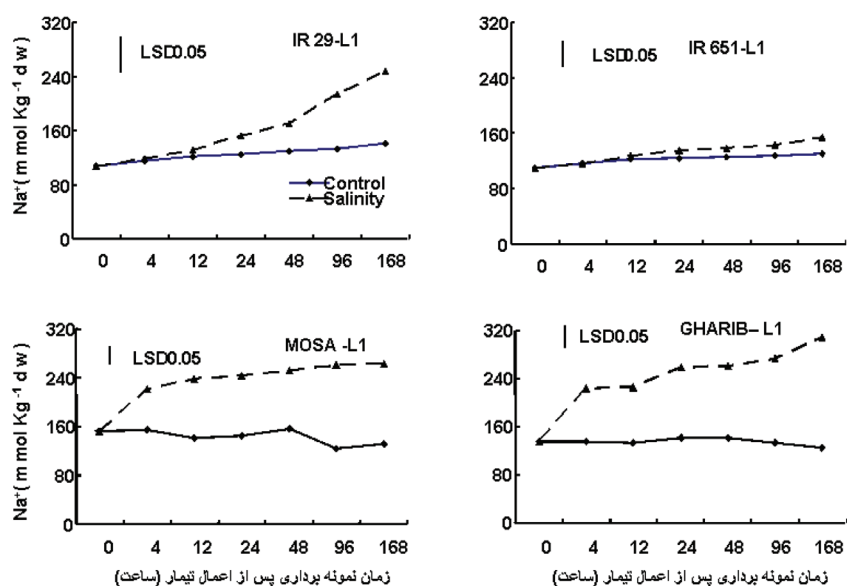
جدول ۱- خلاصه جدول تجزیه واریانس صفات مختلف که فاکتور رقم (A) بعنوان تیمار اصلی و فاکتورهای شوری (B) و زمان (C) بعنوان تیمارهای فرعی در نظر گرفته شده است.

میانگین مربعات							منابع تغییر
کلروفیل b (L1)	کلروفیل a (L1)	پتاسیم (L1)	سدیم (L1)	پتاسیم (L4)	سدیم (L4)	درجه آزادی	
۰/۱۴۲**	۰/۰۹۴**	۳۳۸۸۵۲۴/۹ ^{ns}	۹۸۲۰۲/۳**	۶۰۲۸۵۲/۲**	۱۴۵۵۷۳/۱۱**	۳	رقم (A)
۰/۱۴۲**	۰/۰۹۴**	۶۲۰۵/۰۰۶ ^{ns}	۱۵۸۳۴/۳**	۱۹۵۴/۳ ^{ns}	۹۸۲۷۶۲۳/۱۵**	۱	شوری (B)
۰/۱۰۱**	۰/۰۳۹**	۵۵۸۰/۹*	۵۴۱۴/۵**	۱۹۸۵۵/۴**	۱۳۴۴۶۲**	۳	A×B
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۳	۶۰۹۱۰	۲۵۸/۷	۳۴۸۴/۷	۹۷۰۲/۹	۱۶	خطای اصلی
۰/۱۲۵**	۰/۱۰۲**	۱۵۰۵۴۶/۳**	۳۴۷۷۵**	۸۰۶۷۸/۲**	۲۴۰۵۵۶۱/۶۸*	۶	زمان (C)
۰/۰۴۷**	۰/۰۴۴**	۳۰۷۰۹/۸**	۳۰۶۶/۷**	۷۴۱۷/۵**	۴۹۱۱۸/۳۹**	۱۸	A×C
۰/۱۲۰**	۰/۱۱۳**	۸۹۱۵/۸ ^{ns}	۱۰۶۰/۷**	۶۳۱۷/۹ ^{ns}	۱۸۶۶۱۸۳/۸**	۶	B×C
۰/۰۳۶**	۰/۰۳**	۵۹۳۳/۳ ^{ns}	۱۱۱۳/۸**	۳۶۴۴/۶ ^{ns}	۴۶۲۷۲/۵**	۱۸	A×B×C
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۵۱۱۷/۶	۱۴۵/۳	۲۵۵۲/۳	۴۱۸۱/۹	۹۶	خطای فرعی

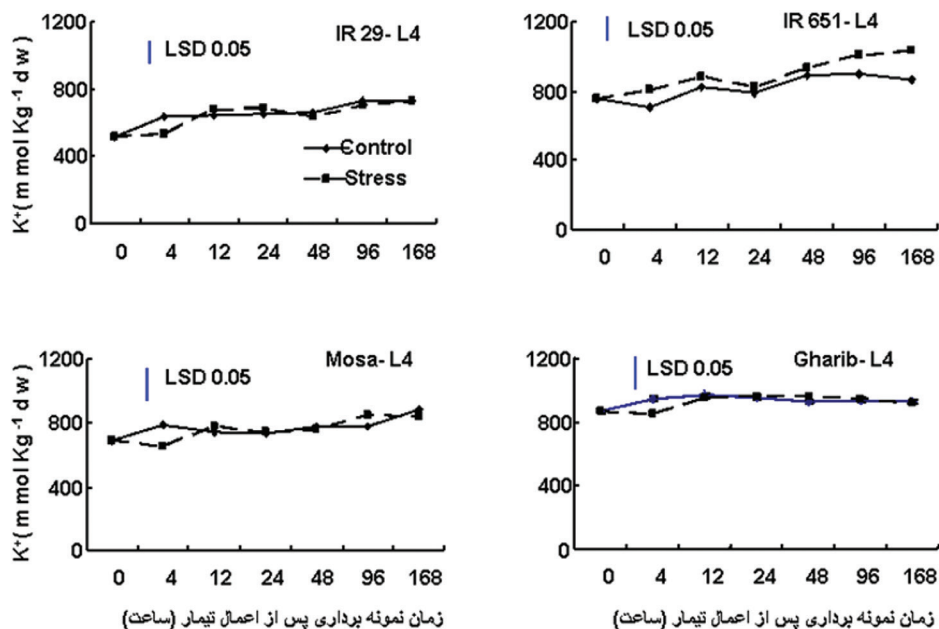
ns و* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد



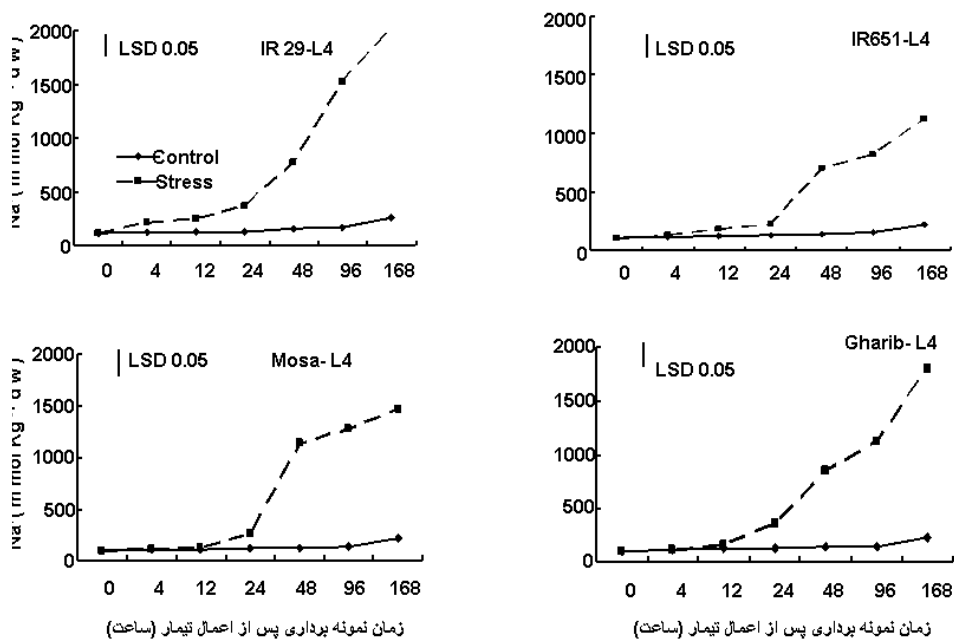
شکل ۱- روند تغییرات ماده خشک اندام هوایی (نمودار بالا) و ریشه (نمودار پایین) تحت شرایط نرمال (N) و شوری (S)، $EC=12\text{dsm}^{-1}$ در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب و خارجی IR29, IR651 در مرحله شش برگگی. LSD کمترین اختلاف معنی دار بین میانگین ها را در سطح ۵٪ نشان می دهد.



شکل ۲- روند تغییرات غلظت سدیم (میلی مول بر کیلوگرم وزن خشک) تحت شرایط نرمال و شوری $EC=12\text{dsm}^{-1}$ در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب و خارجی IR29, IR651 در مرحله شش برگگی در برگ اول (جوان ترین برگ) طی یک هفته اعمال تنش. (محور افقی زمان نمونه برداری پس از اعمال تیمار (ساعت) باشد و LSD کمترین اختلاف معنی دار بین میانگین ها را نشان می دهد).



شکل ۳- روند تغییرات غلظت پتاسیم (میلی مول بر کیلوگرم وزن خشک) تحت شرایط نرمال و شوری $EC=12 \text{ dsm}^{-1}$ در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب و خارجی IR29، IR651 در مرحله شش برگگی در برگ چهارم (پیرترین برگ) طی یک هفته اعمال تنش (محور افقی زمان نمونه برداری پس از اعمال تیمار (ساعت)) و LSD کمترین اختلاف معنی دار بین میانگین ها را نشان می دهد.



شکل ۴- روند تغییرات غلظت سدیم (میلی مول بر کیلوگرم وزن خشک) تحت شرایط نرمال و شوری $EC=12 \text{ dsm}^{-1}$ در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب و خارجی IR29، IR651 در مرحله شش برگگی در برگ چهارم (پیرترین برگ) طی یک هفته اعمال تنش. (محور افقی زمان نمونه برداری می باشد و LSD کمترین اختلاف معنی دار بین میانگین ها را نشان می دهد).

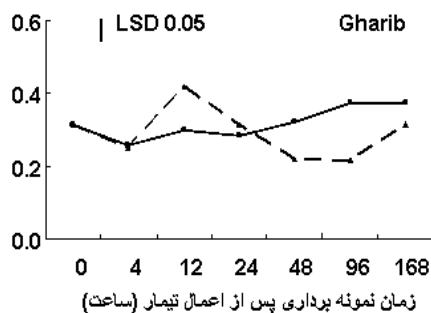
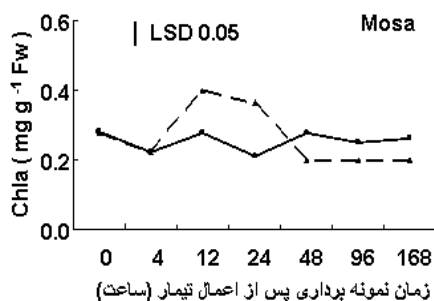
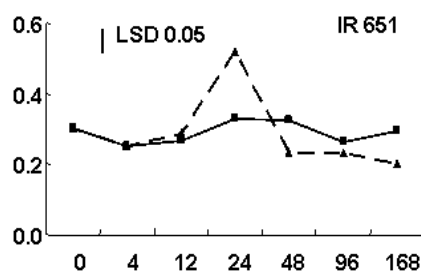
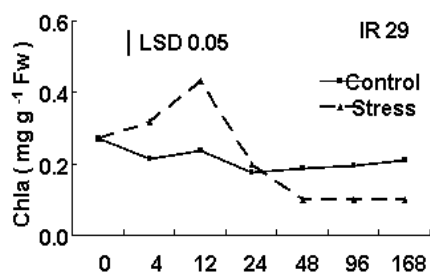
کاهش پیدا کرد. این روند نزولی در سایر ارقام ایرانی و خارجی مشاهده شد (شکل ۵ و ۶). بالا بودن غلظت کلروفیل طی ساعات اولیه تنش حاکی از بالا بودن غلظت کلروپلاست بدلیل کوچکتر شدن حجم سلولها می‌باشد، از این رو افزایش کلروفیل های a و b طی ۲۴ ساعت اولیه احتمالا مربوط به متراکم شدن سلولها در نتیجه اعمال تنش می‌باشد (شکل ۵ و ۶).

حسین (۲۰۰۳)، عنوان کرد که لاین هایی که دارای Na⁺ بیشتر باشند کلروفیل خود را سریعتر از دست می‌دهند. از این رو روند تغییرات غلظت سدیم در برگ ششم کلیه ارقام بیانگر تجمع بیشتر سدیم در این برگها طی زمان بوده است بطوری که در ارقام ایرانی غلظت این عنصر در آخر دوره تنش تا بیش از ۲۴۰ mM.Kg⁻¹dw رسید و با روند کاهش غلظت کلروفیل همگرایی دارد، در رقم حساس IR29 نیز همین روند مشاهده شد، در رقم متحمل IR651 البته غلظت کلروفیل سیر کاهشی داشت اما بدلیل تجمع کمتر سدیم در مقایسه با سایر ارقام، تخریب و کاهش غلظت کلروفیل در رقم متحمل نسبت به سایر ارقام کمتر محسوس بود، بطوری که غلظت کلروفیل در آخر دوره تنش در رقم متحمل در حدود ۰.۱۷ mg.g⁻¹FW^۲، حال آنکه در رقم حساس (IR29) نزدیک به ۰.۱۷ mg.g⁻¹FW^۲ بود. کاهش در غلظت کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (ردی و همکاران، ۱۹۸۶). در گیاه حساس به

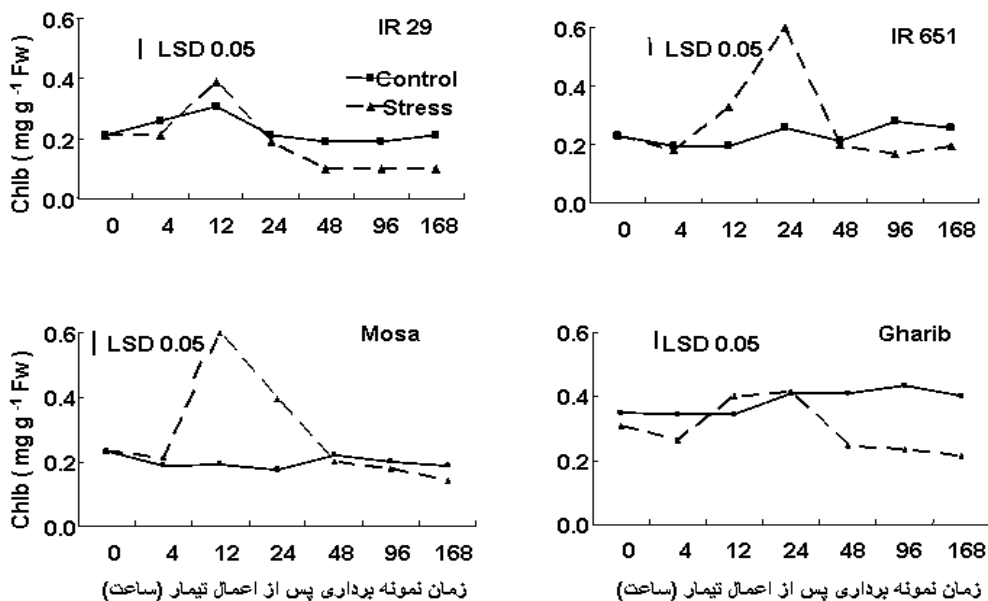
غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی (کریش ناراج و همکاران، ۱۹۹۳) و یا غلظت یونی باشد (خان و همکاران، ۱۹۹۷).

بحث و نتیجه‌گیری

بطور کلی تنش شوری دارای دو اثر متفاوت است. در مرحله اول موجب القاء تنش اسمزی شده که نتیجه آن کاهش در نرخ رشد ریشه و برگ بدلیل تنش رطوبتی و نه تنش یونی می‌باشد، چرا که غلظت Na⁺ و Cl⁻ در ساعات اولیه اعمال تنش پایین‌تر از غلظت‌های سمی برای سلول می‌باشد (مونز ۲۰۰۲). در صورتی که دوره تنش طولانی‌تر شود گیاهان عدم تعادل یونی (زیاد بود و یا کمبود برخی یون‌ها) را نیز تجربه می‌کنند، که می‌تواند موجب پیری زود هنگام برگ‌ها و کاهش سطح فعال فتوسنتز کننده شود (کرامر و نوک ۱۹۹۲). صرف نظر از نوع کاربرد تنش شوری در بیشتر گونه‌های گیاهی موجب کاهش کلروفیل های a و b، کارتنوئیدها و پروتئین‌های محلول می‌گردد (آسپینال، ۱۹۸۶). مطالعات ما نشان داد که غلظت اولیه کلروفیل های a و b طی ۱۲ الی ۲۴ ساعت پس از اعمال تنش افزایش یافت ولی در ادامه و با طولانی‌تر شدن دوره تنش از غلظت کلروفیل‌ها کاسته شد، لذا حداکثر غلظت کلروفیل a و b تحت تیمار تنش در حدود ۰.۱۶ mg.g⁻¹FW^۲ بوده است اما پس از آن غلظت کلروفیل



شکل ۵- روند تغییرات غلظت کلروفیل a تحت شرایط نرمال و شوری EC=12 dsm⁻¹ در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب و خارجی IR29, IR651 در مرحله شش برگی در برگ اول (جوان‌ترین برگ) طی یک هفته اعمال تنش. (محور افقی زمان نمونه‌برداری می‌باشد و LSD کمترین اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها را نشان می‌دهد).



شکل ۶- روند تغییرات غلظت کلروفیل b تحت شرایط نرمال و شوری $EC=12 \text{ dsm}^{-1}$ در ارقام ایرانی موسی طارم و غریب و خارجی IR29, IR651 در مرحله شش برگ اول (جوانترین برگ) طی یک هفته اعمال تنش. (محور افقی زمان نمونه برداری می باشد و LSD کمترین اختلاف معنی دار بین میانگین ها را نشان می دهد).

جدول ۱- هدایت روزنه ای (cm.s-1) برگ مرجع (جوانترین برگ) در ارقام مختلف ایرانی و خارجی برنج در دو سطح نرمال و شوری (mean of three replicates \pm se) طی یک دوره پنج روزه ($NaCl=100\text{mM}=EC12$)

رقم	شوری (dS.m^{-1})	مدت تنش (ساعت)				
		۱۲۰	۹۶	۷۲	۴۸	۲۴
IR29	۰	0.15 ± 0.03	0.15 ± 0.05	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.15 ± 0.01
	۱۲	0.12 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.04	0.12 ± 0.02
IR651	۰	0.14 ± 0.03	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.03	0.11 ± 0.01
	۱۲	0.17 ± 0.04	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.04
موسی طارم	۰	0.12 ± 0.06	0.12 ± 0.05	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.05	0.12 ± 0.03
	۱۲	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.04
غریب	۰	0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.13 ± 0.02
	۱۲	0.11 ± 0.03	0.11 ± 0.04	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.03

بدلیل توانایی رقابت بر سر جایگاه اتصال پتاسیم باشد، از این رو حفظ نسبت بالای K^+/Na^+ در برخی گونه ها نظیر جو و پنبه که غلظت های بالایی از سدیم را تجمع می دهند مهمتر از پایین نگاه داشتن تنها غلظت سدیم می باشد (شانون، ۱۹۸۴)، این نسبت در برگ اول رقم متحمل در شرایط تنش با توجه به کارآمد بودن مکانیسم بازداری عدم تجمع سدیم بالاتر از سایر ارقام بود. در برگ های چهارم نیز این نسبت در رقم متحمل با توجه به تجمع کمتر سدیم بیش از سایر ارقام بود. بدیهی است کاهش این نسبت در رقم حساس و ارقام ایرانی بدلیل تجمع غلظت های بالای سدیم و از طرفی عدم تغییر غلظت پتاسیم تحت شرایط تنش بوده است.

بر اساس نتایج حاصل از این بررسی علل تحمل شوری در رقم IR651

را می توان به کارکردهای فیزیولوژیک زیر نسبت داد:

۱- ممانعت از تجمع غلظت های سمی سدیم در برگ های فعال و جوان.

۲- انتقال و تجمع غلظت های سمی سدیم در برگ های مسن و پیرتر (در واقع در رقم متحمل به شوری یک مکانیسم مدیریتی وجود دارد که احتمالاً مانع از انتقال و یا در صورت انتقال موجب برگشت مجدد و تجمع آن در این برگ ها می گردد).

۳- علاوه بر اثر مدیریتی در نحوه توزیع سدیم در رقم متحمل، مقایسه غلظت های سدیم تجمع یافته در برگ های مسن (برگ چهارم) ارقام مختلف نشان دهنده تجمع کمتر این یون در رقم متحمل (شکل ۴) در مقایسه با ارقام دیگر در تیمار شوری بوده، از این رو این رقم احتمالاً در کنترل میزان سرعت انتقال سدیم از ریشه به ساقه به شکل موفقی عمل کرده است.

پاورقی ها

1-Wet Digestion

فهرست منابع

1. Arnon, D.I. (1940). Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgaris L.* *Plant Physiol.* 24: 1-15.
2. Aspinall, D. (1986). Metabolic effects of water and salinity stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 13; 59-74.
3. Cramer, G.R., Nowak, R.S. (1992). Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. *Physiol. Plant.* 84: 600-605.
4. Dingkuhn, M., De Datta, S.K., Pamplona, R., Javellana, C., and Schnier, H.F. (1992). Effect of late-season N fertilization on photosynthesis and yield of transplanted and direct-seeded tropical flooded rice. II. A canopy stratification study. *Field Crops Res.* 28: 235-249.
5. Flowers, T.J., Hajibagheri, M.A., and Yeo, A.R. (1991). Ion accumulation in the cell walls of rice plants growing under saline

شوری نظیر برنج کنترل ضعیفی در ورود کلرید سدیم به درون مسیر تعرقی وجود دارد (فلورز و همکاران، ۱۹۹۱)، مطالعات نیز نشان دهنده غلظت های بالای سدیم در وارثه های حساس بوده و توزیع آن به گونه ای بوده که در برگ های مسن بیش از برگ های جوان بوده است (شانون و همکاران، ۱۹۹۸). همانگونه که در شکل ۲ و ۴ نشان داده شده روند تجمع سدیم در برگ اول کلیه ارقام به استثناء رقم متحمل (IR651) همراه باگذشت زمان افزایش یافته و در آخر دوره تنش به بیشترین مقدار رسیده، مشابه چنین وضعیتی در برگ های چهارم (شکل ۴) نیز مشهود بود، در رقم متحمل به شوری میزان تجمع سدیم در برگ چهارم نسبت به ارقام ایرانی و رقم حساس خارجی کمتر بود، از این رو به تعویق انداختن آغاز اثرات منفی غیر روزنه ای در نتیجه افزایش غلظت Na^+ که موجب تخریب کلروفیل می گردد، می تواند در ایجاد تحمل نقش داشته باشد. بنا به دلایل عنوان شده ماده خشک ریشه و اندام هوایی در ارقام خارجی و ایرانی به شکل معنی داری کاهش داشته است ولی کاهش ماده خشک در رقم حساس IR29 بیشتر بوده است (شکل ۱).

اساساً ژنوتیپ های متحمل به شوری دارای سرعت پایین انتقال

Na^+ به اندام هوایی بوده و دارای توانایی جذب اختصاصی یونی، خصوصاً پتاسیم نسبت به سدیم می باشد (شانون و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج این تحقیق تجمع غلظت بالای Na^+ در برگ های جوان و فعال رقم حساس (IR29) و ارقام ایرانی را تحت تیمار تنش تا بیش از $240 \text{ mMKg}^{-1} \text{ dw}$ نشان داد، در حالی که در رقم متحمل IR651 میزان تجمع در آخر دوره تنش حد اکثر $160 \text{ mMKg}^{-1} \text{ dw}$ بوده که با تیمار نرمال تفاوت معنی داری نشان نداد (شکل ۳)، و این احتمالاً دلالت بر فعال بودن مکانیسم دفع سدیم از برگ های جوان در این رقم دارد. در برگ های قدیمی تر، برگ چهارم غلظت N^+ به صورت آشکاری در ارقام خارجی و ایرانی افزایش معنی داری داشت ، بطوریکه غلظت سدیم تجمع یافته در پایان دوره تنش در ارقام ایرانی تا $1600 \text{ mMKg}^{-1} \text{ dw}$ و در رقم حساس (IR29) تا $2000 \text{ mMKg}^{-1} \text{ dw}$ رسیده، با این وجود در رقم متحمل میزان غلظت سدیم در وضعیت مشابه حد اکثر $1200 \text{ mMKg}^{-1} \text{ dw}$ بود. از این رو کنترل میزان ورودی سدیم و تجمع غلظت های زیان آور آن در برگ های مسن تر وجه تمایز رقم IR651 در عکس العمل به تنش شوری بود. تجمع کمتر سدیم در برگ های چهارم (مسن تر) رقم متحمل را می توان به کنترل میزان ورودی و انتقال کمتر سدیم از ریشه به اندام هوایی در این رقم نسبت داد، این رقم غلظت های سمی سدیم را در بافت های مسن تر تجمع می دهد و به این ترتیب برگ های جوان را که کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند از خطر تجمع سدیم مصون می دارد و دیگر اینکه احتمالاً در نقطه کنترل اول، یعنی انتقال از ریشه به اندام هوایی نیز در مقایسه با ارقام ایرانی و حساس به شکل کارآمدی عمل می کند. در عین حال غلظت پتاسیم در برگ چهارم رقم متحمل (IR651) نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد و این احتمالاً به جهت کاهش دادن اثرات سمی غلظت بالای سدیم و افزایش طول عمر بیشتر این برگ ها صورت گرفته است، همانطور که پیشتر هم عنوان شد مطالعات نشان داده که ارقامی با نسبت بالای K^+/Na^+ و محتوای آب نسبی بالاتر دارای تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری می باشند (مونز و جیمز، ۲۰۰۳). در دیگر مطالعات فیزیولوژیک نشان داده شده که سمیت سدیم تنها به دلیل غلظت بالای آن در سیتوسول نبوده، بلکه می تواند به دلیل بهم زدن دامنه زیستی پتاسیم

18. Moradi, F. (2002). Physiological characterization of rice cultivars for salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. PhD Dissertation. The University of the Philippines at Los Banos, Laguna, Philippines. 190p.
19. Munns, R.M., and James, R.A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and soil*. 253: 201-18.
20. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environ*. 25: 239-250.
21. Reddy, M.P., Vora, A.B., (1986). Changes in pigments composition, hill reaction activity and saccharine metabolism in bajra (*Pennisetum typhoides* S&H) leaves under NaCl salinity. *Photosynth*. 20: 50-55.
22. Shannon, M.C. (1984). Breeding selection and the genetics of salt tolerance in: salinity tolerance in plants. Staples, R.C. and Toenniessen, G.H. (eds) John Wiley New York PP: 231- 251.
23. Shannon, M.C., Rhodes, J.D., Draper, J.H., Scardaci, S.C., Spyres, M.D. (1998). Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problem in California. *Crop Sci*. 38: 394-398.
24. Shevyakova, N.I., and Leonova, T.G. (1975). Effect of sodium chloride and sodium sulfate on in vitro incorporation of carbon 14-leucine into protein. *Physiol. Rast*. 22: 300-305.
25. Yeo, A.R., and Flowlers, T.J. (1986). Ion transport in Suaeda maritime: its relation to growth and implications for the pathway of radial transport of ions across the root. *J. Exp. Bot*. 37: 143-159.
26. Yeo, A.R., Kramer, D., Lauchli, A., and Gullasch, J. (1977). Ion Distribution in salt stress mature Zea mays roots in relation to ultra structure and relation of sodium. *J. Exp. Bot*. 28:17-29.
- conditions- evidence for the Öertli hypothesis. *Plant Environ*. 14: 319-325.
6. Garcia, A., Rizzo, C.A., UD-Din, J., Bartos, S.L., Senadhira, D., Flowers, T.J., and Yeo. A.R. (1997). Sodium and Potassium transport to the xylem are inherited independently in rice, and the mechanisms of sodium:potassium selectivity differs between rice and wheat. *Plant Cell and Environ*. 20: 1167-1174.
7. Garg, B.K. and Carg, O.P. 1980 Sodium carbonate and bicarbonate induced changes in growth, chlorophyll, nucleic acid and protein contents in leaves of (*Pisum sativum* L.) *Photosynth*. 4: 594-598.
8. Garg, B.K., and Lahiri. A.N. (1986). Problems of salt stress in arid zone crops. In: Proc. Natn. Symp. Physiol. Biochem. Genetic Aspects Crop Plants Environ. Stresses (Eds. R. Singh, I.S. Sheoran and M.R. Saharan) pp. 63-68, H.A.U. Hisar, India.
9. Gregorio, G. B., Senadhira, D., Mendoza, R.D. (1997). Screening rice for salinity tolerance. International Rica Research Institute discussion paper series No. 22. p 30.
10. Hamada, A.M. (1996). Effect of NaCl, water stress or both on gas exchange and growth of wheat. *Biologia Planta*. 38(3):405-412.
11. Horie, T., De Wit, C.T., Goudriaan, J., and Bensink, J. (1979). A formal template for the development of cucumber in its vegetative stage. Proc. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series C, 82: 433-479.
12. Hurry, V.M., Strand, A., Tobiaeson, M., Gardestrom, P., Öquist, G. (1995). Cold hardening of spring and winter wheat and rape results in differential on growth, carbon metabolism and carbohydrate content. *Plant Physiol*. 09: 697-706.
13. Husain, S., Munns, R., Condon, A.G. (2003). Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll and growth of durum wheat in saline soil. *Aust. J. Agri. Res*. 54: 589-597.
14. Khan, M.S.A., Hamid, A., Salahuddin, A.B.M., Quasem, A., Karim, M.A. (1997). Effect of NaCl and mineral ions accumulation of different types of rice (*Oriza sativa* L). *Crop Sci*. 179: 149-161.
15. Krishnaraj, S, Mawson, B.T. Yeung, E.C. and Thorpe, T.A. (1993). Utilization of induction and quenching kinetics of chlorophyll a fluorescence for in vivo salinity screening studies in wheat. *Can. J. Bot*. 71(1): 87-92.
16. Lakshmi, A., Ramanjulu, S., Veeranjanyulu, K., Sudhakar, C. (1996). Effect of NaCl on photosynthesis parameters in two cultivars of mulberry. *Photosynth*. 32: 285-289.
17. Misra, A.N., Sahu, S.M., Misra, M., Singh, P., Merra, I., Das, N., Kar, M., and Sahu, P. (1997). Sodium chloride induced changes in leaf growth, and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biologia Planta*. 399(20): 257-262.